DOI:10.13878/j.cnki.jnuist.2016.03.003

王静[1]　苗峻峰[1]　冯文[2]

海南岛沿海近地面风时空分布特征的观测分析

摘要

利用2012年海南岛沿海6个常规气象站、2个海岛站的逐时风向、风速资料,分别对全年以及不同季节内近地面风速大小、风速日变化以及风向频率分布等进行了统计分析.结果表明:2012年全年海南岛沿海近地面风速约在1.8~5.7 m/s之间,其中三亚站风速最大,冬季高达6.5 m/s,大部分站点夏季风速最弱,最大风速出现在春、冬季;海南岛南部沿海风速大于北部,东部大于西部;各站24 h风速基本呈现白天大、夜晚小的典型特征,由于所处地形、植被独特,三亚部分季节风速呈现相反的日变化特征;全年各站基本存在两个盛行风向,大部分站点近地面风向与南海季风的风向变化较为一致,夏季以南风、西南风为主,冬季以北风、东北风为主;各季沿海近地面风向南北部差异较大,东西部差异较小,随着季节转变,南部沿海盛行风转向最明显,东西部次之,北部则不明显.

关键词

岛屿;复杂地形;近地面;风速;风向;时空分布

中图分类号 P404

文献标志码 A

收稿日期 2015-03-17

资助项目 公益性行业(气象)科研专项经费项目(GYHY201306009);海南省应用技术研发与示范推广专项(ZDXM2015106)

作者简介

王静,女,硕士生,主要从事边界层气候学研究工作.

苗峻峰(通信作者),男,教授,博士生导师,主要从事中尺度数值模拟研究工作.

miaoj@nuist.edu.cn

1 南京信息工程大学 气象灾害教育部重点实验室,210044

2 海南省气象台,海口,570203

0 引言

近地面风是由气压梯度力、柯氏力、浮力和地面摩擦力所驱动的[1],是最基本也是最重要的气象要素之一.本文的近地面风一般是指距离地面10 m的风速、风向.风能作为一种清洁能源,具有可再生性,在世界各地引起广泛关注,而沿海地区拥有丰富的风力资源存储量和可开发量[2],对沿海地区近地面风速、风向进行研究,理解近地面风速的分布及其日变化,有助于我们在未来气候变化的大背景下对风能进行更好的利用.近年来,国外已有不少研究关注近地面的风场特征[3-7],而国内研究主要集中在华东、华北、西南以及西北等地区[8-12],另外还有研究表明大尺度环流、地面能量辐射以及地形、植被的改变都可影响风速、风向[13-18].海南岛位于雷州半岛南部,是我国仅次于台湾的第二大岛屿,四面环水,地形复杂且独具特色,岛屿形状近似椭圆,中部的五指山区海拔最高(约为1 867 m),地形高度由此向外围逐渐降低,由山地、丘陵、台地和平原组成环绕中央山地的层圈地貌,岛上植被种类繁多,特别是热带天然林,其面积甚广,森林覆盖率高达50%以上.此外,海南岛还是中国唯一的热带海岛省份,基于其地理位置、地形以及植被的独特性,研究该地的近地面风场具有重要意义.

对海南岛及其附近地区风场的认识由来已久,但是对其进行定量观测分析的研究仍在少数.早在1983年,朱乾根等[19]在研究华南沿海5月温压场特征时就对海南岛风场略有涉及,指出沿海气压距平梯度较强,但并没有给出具体的风速统计数值;吴兑等[20]曾通过分析海口近地层流场,指出海口地区旱季终日风向为较稳定的东北偏东风且无明显的昼夜变化,而在雨季由于受到海陆风发生发展和积云降水的影响,昼夜风向的变化较为明显,但并未分析海南岛沿海其他站点附近的风场特征,也未关注不同季节内的风场特征;许向春等[21]则是关注琼州海峡海面上的风场特征,指出海面风速平均比沿岸风速大3~4 m/s.由此可见,这些工作虽然提供了海南岛沿海风场的一些基本特征,但限于资料并没有对海南岛沿海地区近地面风场的时空特征进行系统分析,对不同站点、不同季节内风场的认识还略有缺乏,对风场日变化的认识也不够深入.

如前所述,海南岛位于东亚季风区南缘,经常受到低压槽、热带气旋等天气系统的影响,对于其他气象要素比如太阳辐射、大气环流

等则在不同季节里存在明显的差异.而近地面风不仅气候特征的限制,还受到太阳辐射、天气、地形等因素的影响.因此,本文仍采用常规的四季划分方法,选取2012年海南岛的沿海近地面风作为研究对象,利用观测资料对风速、风向进行统计分析,分析其季节变化、日变化及空间分布特征,希望为该地区的风电场设计及其风功率预报提供重要的科学依据.

1 资料和方法

1.1 数据来源

海南岛共有19个常规气象站和5个海岛站,由于临高、洲仔岛以及白鞍岛站的资料缺测较多以及考虑地理位置分布,本文选取海口、文昌、万宁、陵水、三亚、西岛、西鼓岛以及东方这8个沿海气象站作为代表站,这8个站分布在海南岛沿海四周,距海岸线最小直线距离都在50 km以内.图1给出了海南岛的地形分布,所用资料是WRF模拟出来的MODIS_30s地形资料,各站点的位置也在图中标出,其中西岛和西鼓岛站是海岛站,为一般气象站,其余为基准气候站.由于资料限制,本文仅利用2012年的近地面风速、风向的逐时观测资料,来分析2012年海南岛沿海地区近地面风速、风向的时空演变特征(这里指的是10 m的风速、风向,由安装在地面上的风向风速仪测得).



图1 海南岛地形分布和站点(单位:m)

Fig. 1 Distribution of meteorological stations and topography of the Hainan island(units:m)

大部分沿海站点的海拔高度都在30 m以下,值得注意的是三亚站,三亚本站在拔海高度419 m的六道岭山区,温度较市区偏低3~5 ℃,云量较市区多,下垫面植被环境为森林,而西岛和西鼓岛这两个站点分别建在海南岛旁边的两个小岛屿上,岛屿面积较小,两者海拔高度均在1 m以下(表1).

表1 海南岛8个沿海气象站的坐标

Table 1 Coordinates of the 8 meteorological stations in the Hainan Island

站号	站点	纬度/(°)	经度/(°)	海拔/m	土地利用类型
59757	海口	20.03	110.35	18.0	城市
59856	文昌	19.62	110.75	22.5	湿地
59951	万宁	18.80	110.37	9.6	城市
59954	陵水	18.50	110.03	11.5	农田
59948	三亚	18.23	109.52	419.0	森林
M1071	西岛	18.24	109.36	0	砂石
M1072	西鼓岛	18.32	108.95	0	砂石
59838	东方	19.10	108.62	8.0	农田或天然植被

1.2 数据质量控制

对所选取的8个气象站2012年(即366 d)的逐时资料进行质量控制:一日内(00—23时,北京时间,下同)缺测时次达10 h及以上,则该日不参与统计;一日内缺测时次少于10 h,缺测时次不参加统计,该日其余时次仍参与统计,站点的样本数量为剔除掉缺测时次之后剩余的总时次数.表2给出了各站风速、风向参与统计的总时次,可以看出,海岛站的缺测较多,这是因为海岛站测风仪易发生故障且故障后较难维护所致.表3和表4则分别给出了不同季节内各站风速和风向的缺测时次,可知:各季风速缺测极少,风向缺测较多,其中春、冬季缺测较少,夏、秋季缺测较多,但仍在合理范围之内,不影响结果的统计分析.

表2 各站风速、风向参与统计的总时次

Table 2 Total sample time of wind speed and direction at each station h

	海口	文昌	万宁	陵水	三亚	西岛	西鼓岛	东方
风速	8 777	8 780	8 778	8 782	8 781	7 890	7 479	8 183
风向	8 683	7 552	8 369	8 564	8 773	7 890	7 479	8 761

表3 不同季节内各站风速缺测时次

Table 3 Missing sample time of wind speed at each station during different seasons h

季节	海口	文昌	万宁	陵水	三亚	西岛	西鼓岛	东方
春季	5	1	2	1	0	93	157	0
夏季	2	1	0	1	2	45	189	1
秋季	0	0	0	0	1	109	300	0
冬季	0	2	4	0	0	71	83	0

表 4　不同季节内各站风向缺测时次

Table 4　Missing sample time of wind direction over each station during different seasons　　h

季节	海口	文昌	万宁	陵水	三亚	西岛	西鼓岛	东方
春季	13	162	164	53	0	93	157	11
夏季	44	404	121	95	6	45	189	3
秋季	39	536	84	51	4	109	300	5
冬季	5	130	46	21	1	71	83	4

2　风速的时空变化

本文将 2012 年 1、2 和 12 月定义为该年的冬季,3—5 月为春季,6—8 月为夏季,9—11 月为秋季.受大尺度和中尺度天气系统影响,不同时间尺度上的风速具有不同的特征,因此下文将对近地面风速的季节变化以及日变化特征进行讨论分析,并探讨风速的空间分布特征.

2.1　风速的季节变化及其空间分布特征

根据海南岛沿海各站的逐时风速,求出年平均及季节平均风速(图 2).就全年平均而言,海南岛沿海近地面风速约在 1.8~5.7 m/s 之间,南部三亚站的风速最大,可达 5.7 m/s,这可能是因为三亚站所处地形独特(森林、高山),森林风、山谷风等局地环流与海陆风环流的同相叠加,使得检测到的近地面风速较大[22];其次,东方站的风速也较大(3.9 m/s),一方面,东方站距离海岸线很近,其附近产生的海陆风强度较大,另一方面,岛屿地形的绕流作用在西部比较明显[22],绕流作用在一定程度能够增大地面风风速,因此该地近地面风速较大,高素华等[23]在研究海南岛气候时也曾指出西部地区风速较大;北部海口站的较大风速可能与琼州海峡引起的"狭管效应"有关,"狭管效应"使得其沿海附近区域产生大风[24],受大风影响,该地近地面风较强;文昌站风速较小,仅有 1.8 m/s.值得注意的是,西鼓岛、西岛站同样位于海南岛北部,但两者风速却存在较明显的差异,西鼓岛的风速相对较大(3.9 m/s),而西岛只有 1.8 m/s,这可能与两者附近的海岸线形状有关系,西岛位于海岸线凹进处,即湾内,湾阻挡了气流的传播,西鼓岛则位于海岸线凸处,不存在气流被阻现象.

就不同季节和不同站点来说,海南岛沿海近地面风速具有较明显的时空分布特征.对比南北部沿海近地面风速可知,北部沿海(海口站)冬季风速最大,夏季近地面风最弱,这种冬季强夏季弱的风速特征可能与琼州海峡附近的大风天气有关.郭冬艳等[25]曾指出琼海海峡南岸秋冬季节大风日数多于春夏季,且秋冬季的冷空气大风的最大风速绝大部分都在 10~13 m/s 之间,从而导致海口站冬季风速最大,另外,夏季风很难越过中部的高山地区传播到北部沿海,从而夏季该地风速较弱.南部的陵水、三亚、西岛站风速的季节变化特征一致,最大风速和最小风速也分别出现在冬季和夏季,与北部沿海一致,但不同的是北部沿海春季风速大于秋季,南部则相反,由此可知,海南岛沿海近地面风季节变化的南北差异较小,但南部沿海近地面风速明显大于北部沿海.不同于南北部,东西部沿海风速的季节变化差异较大,西部沿海(东方站)最大风速出现在夏季,秋季风速最小,而东部沿海(文昌站)则是春季风速最大,最小风速与东部一致出现在秋季.总的来说,就季节变化而言,除东方、文昌站外,各站夏季平均风速最小;大多数站点最大平均风速出现在春季或是冬季.就不同站点而言,文昌、西岛站四季的风速都较小,特别是文昌站,除春季外,其余季节风速均在 1 m/s 左右,而各季风速的最大值都出现在三亚站,其中冬季最高(6.5 m/s).

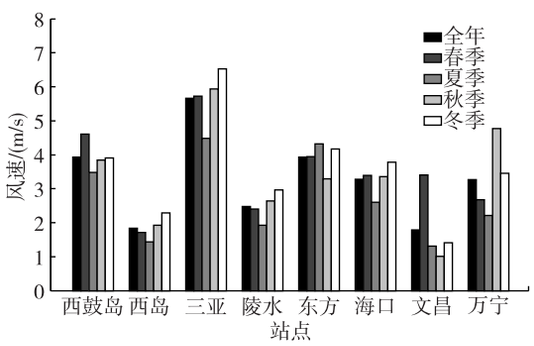


图 2　各站年平均风速以及四季平均风速

Fig. 2　Annual and seasonal averaged wind speed over each station

2.2　风速的日变化

沿海近地面风速同时受到海洋、陆地两方面的影响,其日变化具有独特性.图 3 给出了全年沿海各站点的风速日变化,就全年而言,大部分站点均表现为白天风速大于夜晚:日出前风速较为平稳,08 时左右发生突变,风速开始增加,风速最大值出现在 15 时左右,之后风速逐渐减弱,到日出前后风速最小,这是近地面风速的典型特征.引起风速日变化的主要原因是白天日出后,地面受热增温,湍流较强,高层风向下层输送动能,导致白天风速大,特别是午后

地面最热,动能输送量最大,一天中风速最大值也出现在此时,而日落后地面辐射冷却,大气趋于稳定,风速逐渐减小,日出前后地面气温最低,大气层结稳定,此时风速最小[2].值得注意的是,三亚和西鼓岛站较为特殊,风速在07时先降低,直到11时才呈现上升趋势,较其他站点滞后约3 h,11时过后风速基本呈现较缓慢的增大趋势,出现夜晚风速大于白天的情况.就风速日振幅而言,陵水和万宁站较大,这是因为这两个站离海岸线相对较远,从海洋上输送来的水汽对地面温度的抑制作用相对较小,地面增温明显从而导致风速较大;文昌和西岛站的日振幅较小.

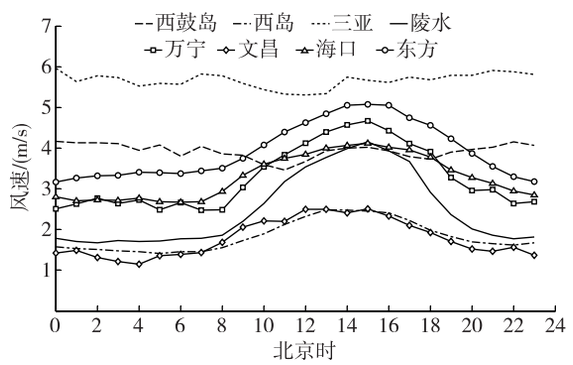


图3 全年各站风速的平均日变化

Fig. 3 Yearly averaged daily variation of wind speed over each station

各季各个站的日变化仍存在差异,图4给出了不同季节内沿海各站风速的日变化.由图4可知:除三亚、西鼓岛站外,各站不同季节内风速仍呈现白天大于夜晚的典型特征;秋冬季,三亚站风速呈现明显的夜晚大于白天的反常特征,冬季最为明显,表现为08时风速开始减弱,到13时风速最小,然后基本以6 m/s的速度持续5 h,18时风速开始迅速增大,21时出现最大值(7 m/s),这可能是因为一方面三亚本站处在森林之中,云量较多,森林和云层阻挡了地面对太阳辐射的吸收,特别是在冬季,森林的保温作用可能使得该地夜晚温度较高,地面温度对该地风速的影响较小,另一方面,山区风速主要受上层动量传输影响,白天该高度层向下传递的动量多余更高层向下传递的能量,夜晚则相反,因此日间能量损失较多,风速白天小于夜晚[26].对于海岛站,则是另一种影响机制,海水的热容量大,夜晚水温高于气温,使得海面大气具有不稳定层结,有利于空气对流发展,继而有利于动量向下传输,从而造成海上夜晚风速较大;而白天则相反,导致海面风速略小或变化不大的现象[27].

各站春、秋季24 h风速日变化值与全年较为接近,且春夏季白天风速发生突变(增大)的时刻相对提前.就不同站点而言,位于南部的陵水、三亚、西岛站,24 h风速均表现为冬季最大、夏季最小的特征;而北部的海口站各个时刻风速最小值出现在夏季,最大值则是出现在秋冬季,另外,南北部的4个站点风速的日变化波动较小.不同于南北部,东南部的站点(文昌、万宁)波动相对较显著,尤其是文昌站春季以及万宁站秋季风速的日变化,上下波动较最为明显.另外,就风速日振幅而言,东方、陵水、万宁站较大,海口、文昌次之,最小为西鼓岛站,且大多数站点夏季风速日振幅大于冬季(图4).

3 风向的时空变化

在讨论过风速的季节变化与日变化过后,风向的季节变化及其空间分布也是一个值得探讨的问题.本文将风向分为16个方位,对2012年风向进行统计,下文将针对全年以及各个季节内风向的频率分布进行讨论分析.

3.1 全年风向分布

根据海南岛2012年的逐时风向资料对8个沿海站的风向进行概率统计,图5给出了各站全年风向的频率分布,其中中心圆圈中给出的是各站静风频率.就全年风向分布而言,海南岛沿海各站近地面风均有两个盛行风向且空间差异显著,这里所说的盛行风向只是其风向频率相对较大,并不一定具有明显优势.南部的西岛和三亚站,虽然其近地面风速值及日变化存在差异,但风向频率分布却较为一致,最大频率风向均为东北偏东风,尤其是西岛站,其频率高达28%,其次东风也较多,约占全年风向的15%;不同的是风向频率最小值的分布情况,西岛站南风及西北风出现的较少,三亚站则是北风较少,另外,全年三亚站向岸风的频率约有40%,这可能是受到海风的影响.与西岛站一样,西鼓岛站也是海岛站,全年盛行东南偏东风和东风,其频率分别为26%和20%,最小频率仍然表现为南风和西北风,也就是说,两个海岛站的两者风向频率分布类似.陵水站风向分布较为均匀,东北偏北风的频率偏大(13%),其余方位的风向频率均在5%~10%之内,这可能是因为其附近地形较为平缓的缘故,类似的,文昌站风向的分布也较均匀.

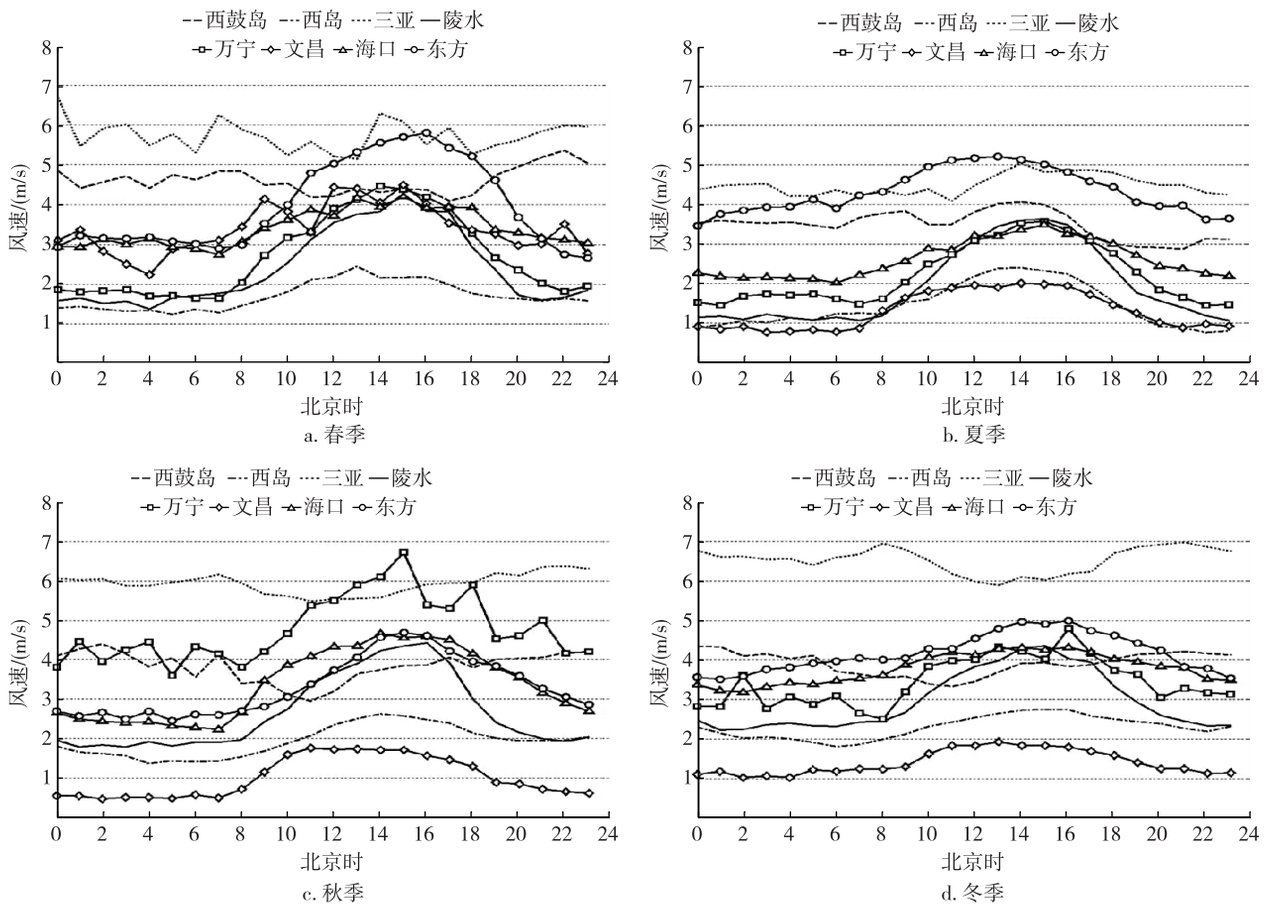


图 4　各季节各站风速的平均日变化

Fig. 4　Seasonal averaged daily variation of wind speed over each station, with (a) for spring, (b) for summer, (c) for autumn, and (d) for winter

位于北部沿海的海口站,其全年风向主要集中在 0°~180°之间,占 80%以上,盛行风向分别为东风(16%)和东北偏东风(17%).一方面,受南海冬季风较强背景风的影响,海口站东北风较多,另一方面,可能与琼州海峡有关,琼州海峡呈东西走向,当冷空气从偏东路径或冷高压东移出海时,常造成海峡一带的偏东强风[25].

值得注意的是东方和万宁两站,均存在两个盛行风向且不相邻,盛行风基本呈一南一北的方位,东方站全年盛行风为西南偏南风(14%)和东北风(18%),万宁站则盛行北风(19%)和西南偏南风(16%),两个地区的西北风和东南风都较少,两站地形高度都在 10 m 以下且周围地势平缓,地形对地面风阻碍作用较小,与其他局地环流的作用也微乎其微,因此这两个站点全年的盛行风向基本与南海季风的盛行方向相一致.

就静风频率而言,文昌站静风最多(21.5%),这可能是因为该地海岸线弯曲复杂,周围的海风容易相互作用导致检测到的近地面风速可能较小,西岛站静风也较多(8.9%);三亚站静风出现次数最少,只有 1%,东方站也较少(0.4%).前文提到这两个站各季节内平均风速都较大,所以不容易出现静风.

3.2　风向的季节变化

1) 春季处于南海冬季风向夏季风转变的过渡期,4 月开始,背景风向就逐渐从东北风转向东南风,5 月南海夏季风爆发后,风向多为偏南风.南部,三亚站的盛行风向为东南偏南风(28.3%)和东南偏东风(21.9%),陵水站主要盛行西南偏南风(19.8%),即南部沿海主要盛行偏南风,而北部沿海则呈现不同的特征,海口站主要风向集中在 45°~135°之间,频率约为 44.4%,即偏东风较多.一方面,由于海南岛中部多为高山区,不利于大尺度风的传播,因此南部主要受偏南风影响,而北部主要受偏东风影响;另一方面,春季沿海各站海风的发生频率高达 40%以上,这也就导致了各站点向岸风的频率都

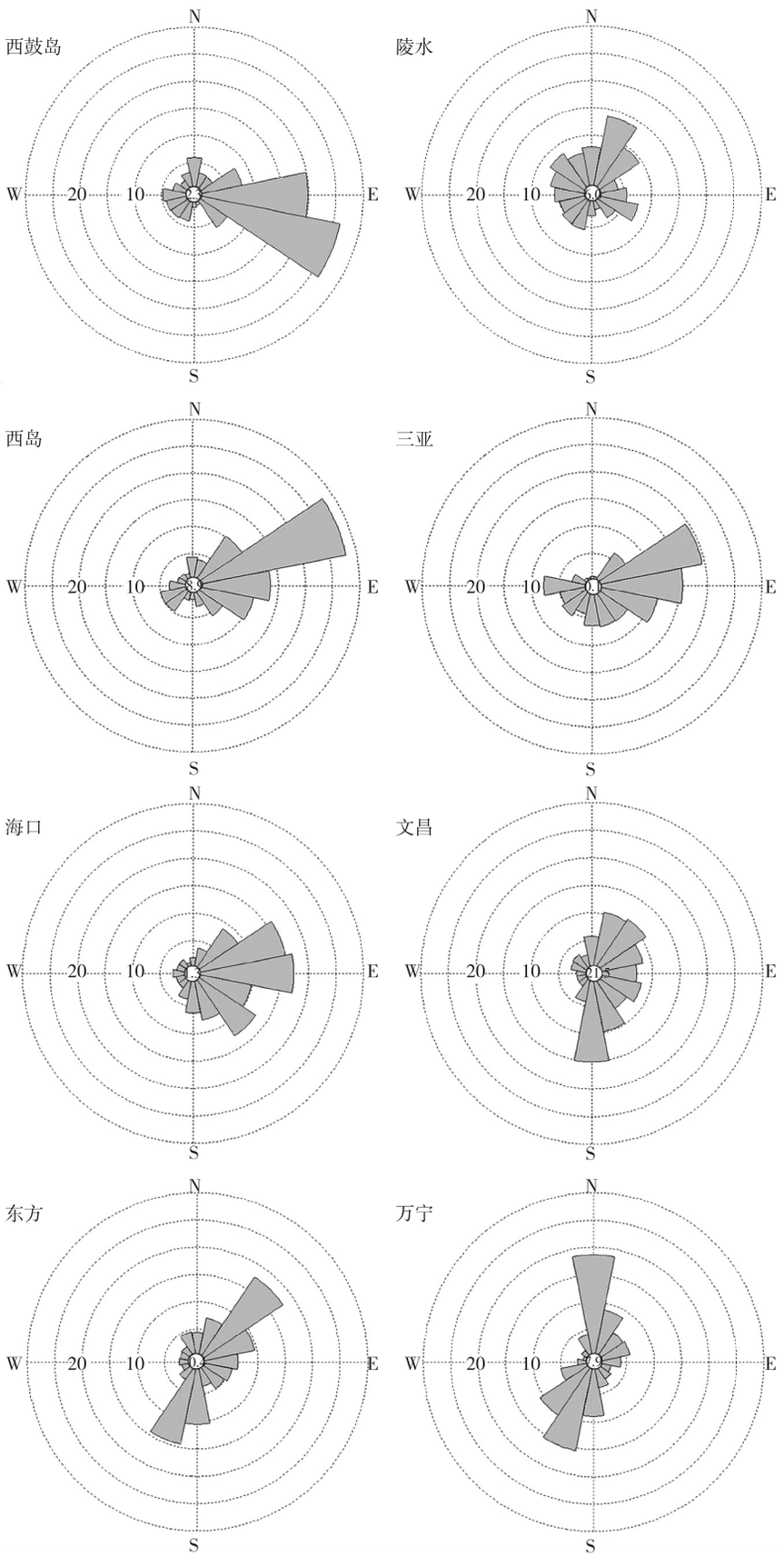


图5　各站全年风向频率分布及静风频率(单位:%)

Fig. 5　Frequency distribution of wind direction in 2012(units:%)

较高,Lorente-Plazas 等[7]在研究伊比利亚半岛时也指出海风能够加强沿海风向,海口站虽然海风也频发,但受冬季风影响,海风开始较晚结束较早,因此春季主要风向仍为偏东风.西岛和西鼓岛两站的风向具有其独特的分布特征.西鼓岛春季盛行东南偏东风,其频率接近 67%(表 5),南风的频率最小,都不足 5%;西岛则是盛行风范围为 0°~90°,即偏东风的频率约为 75%,与西鼓岛类似,南风的发生频率也较低,频率最低的为西北偏西风(不足 1%).可以看到,春季海岛站风向受南海季风影响较大,受海风影响较小,正如前文中所提到的,海岛站所在的岛屿面积较小,四周的海风容易相互抵消,因此海岛站近地面风向的分布特征与背景风较为一致.

2) 夏季,随着南海夏季风发展逐渐强盛,图 6 给出了夏季各站的风向频率分布和静风频率.由图 6 可知:大部分站点均盛行西风或是西南风,东北部沿海盛行风向相近,东方站盛行西南偏南风,文昌站盛行东南偏南风,万宁站也盛行西南偏南风,其频率最高,约为 30%;相对于东西部,南北部沿海(三亚、陵水、海口站)风向分布较为均匀,各个方位风向频率均在 15%左右,因而主要盛行方向不明显,但仍可看出三亚则是分布在 90°~180°之间,而海口站风向主要分布在 0°~90°之间.南部沿海明显受夏季风影响较严重,而北部则是可能与琼州海峡沿海的大风天气有关,海峡中间两侧沿岸很少出现偏东风以外的大风[25],夏季虽然背景风主要为西南风,但西南背景风与偏东风大风之间的相互作用,有可能导致该地检测到的东南风偏多,此外,大尺度偏南夏季风下,北部雷州半岛的地形屏障作用也使得海口附近多偏东风,翟武全等[22]在研究海南岛四季风场时也提到,在偏南背景风的影响下,雷州半岛西侧的北部湾地区为明显的避风区.西鼓岛站的盛行风向仍是东南偏东风,但其频率也显著减少,只有 33.6%(表 6),与其他站点一样,偏西南风频率明显增大.由此可见,夏季,沿海近地面风向分布的南北差异明显,北部沿海盛行东南风,而南部沿海盛行偏西风;东西部风向差异较小,盛行风向均表现为偏南风.大部分站点静风频率比全年平均高,这也与前文得出的夏季风速较小的结论相一致.东方站静风频率较全年平均有所下降,夏季东方站海风发生频率较高且其强度也较大[28],再加上偏南大尺度风的影响,东方站静风出现次数减少.对不同站点来说,静风频率最高的仍是文昌站,为 24.3%,其次为西岛站(19.9%),三亚站静风较少(0.2%).

表 5 各站春季风向频率

Table 5 Frequency distribution of wind direction in Spring %

	风向	西鼓岛	西岛	三亚	陵水	东方	海口	文昌	万宁
(0°,45°]	N-NE	3.8	4.6	2.4	14.4	16.7	8.5	11.2	13.3
(45°,90°]	NE-E	11.5	37.3	14.9	7.1	17.8	22.6	11.1	5.8
(90°,135°]	E-SE	**66.9**	37.1	21.9	13.1	9.0	21.8	14.3	4.4
(135°,180°]	SE-S	1.4	10.3	**28.3**	7.7	11.7	**29.5**	**35.3**	10.1
(180°,225°]	S-SW	2.4	4.3	18.8	**19.8**	**28.1**	9.2	16.7	**45.8**
(225°,270°]	SW-W	3.8	3.6	8.3	10.2	3.7	2.1	3.3	9.6
(270°,315°]	W-NW	4.4	0.7	2.8	14.1	5.1	3.3	3.4	1.2
(315°,360°]	NW-N	5.9	2.2	2.6	13.6	7.8	3.2	4.6	9.8

表 6 各站夏季风向频率

Table 6 Frequency distribution of wind direction in Summer %

	风向	西鼓岛	西岛	三亚	陵水	东方	海口	文昌	万宁
(0°,45°]	N-NE	1.7	9.8	1.4	5.7	2.5	6.3	3.7	3.1
(45°,90°]	NE-E	18.8	14.3	2.8	4.9	3.9	5.6	4.3	3.1
(90°,135°]	E-SE	**33.6**	13.0	10.2	8.7	9.4	15.9	12.1	5.3
(135°,180°]	SE-S	3.9	4.5	11.0	6.3	16.7	**25.1**	**31.6**	13.0
(180°,225°]	S-SW	14.6	8.0	15.4	14.8	**54.3**	15.9	23.1	**42.6**
(225°,270°]	SW-W	14.5	**28.2**	**32.5**	**24.4**	6.0	13.4	9.9	25.0
(270°,315°]	W-NW	7.9	10.6	25.2	21.0	3.4	13.4	11.1	4.1
(315°,360°]	NW-N	5.0	11.7	1.4	14.2	3.8	4.4	4.3	3.8

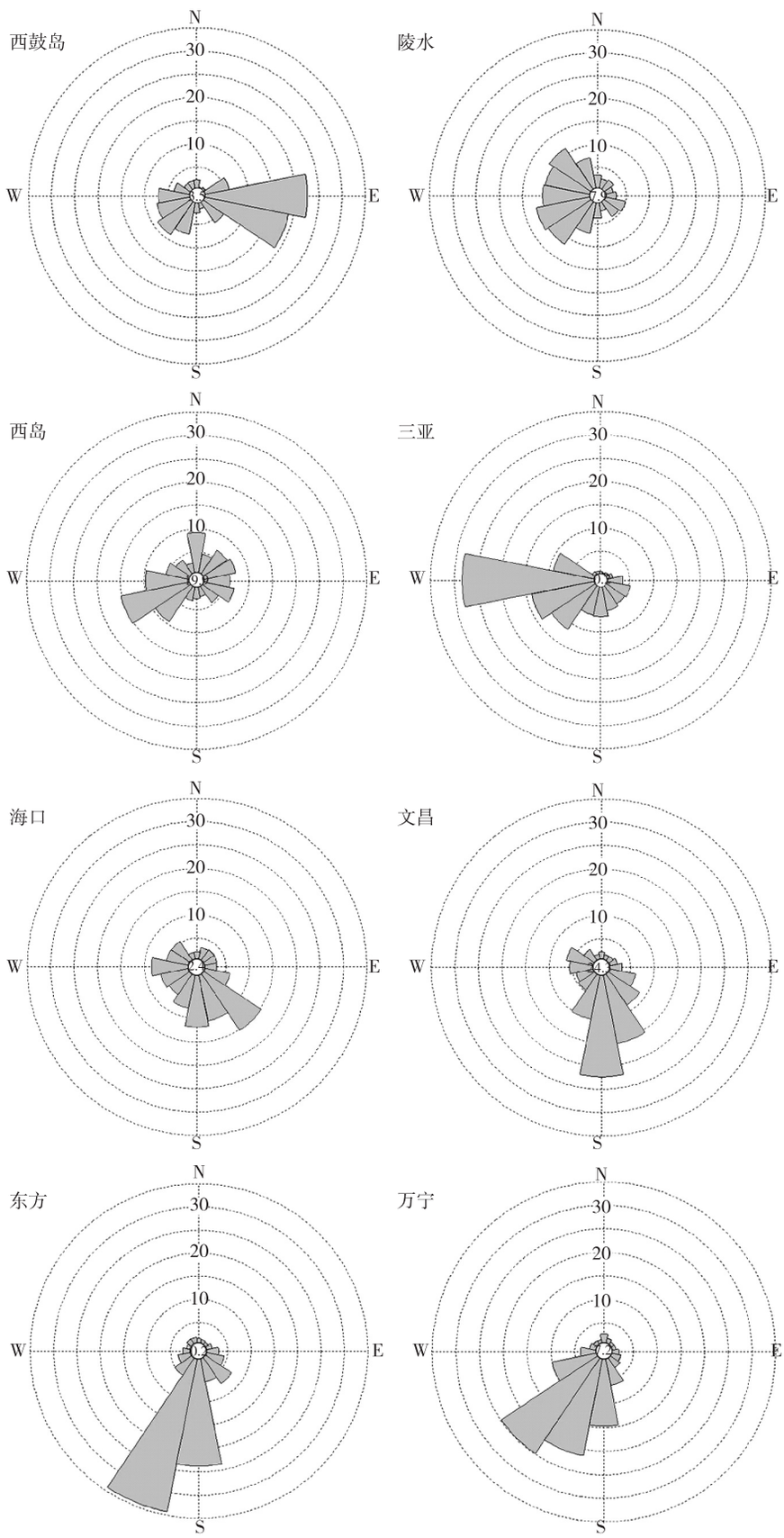


图6　各站夏季风向频率分布及静风频率(单位:%)

Fig. 6　Frequency distribution of wind direction in Summer(units:%)

3) 秋季,南海夏季风逐渐减弱,逐渐转变为冬季风,10 月完全转变为冬季风,背景风也从西南风转变为东北风.秋季各站西南风的频率都明显减少,大部分站点盛行风向都为东北偏东风,西岛和三亚站最明显,频率分别为 53.8%和 55.8%,其次是北部的海口站(40%),其余站点均在 30%左右.对比南北部发现,两者风向均主要集中在 90°~135°之间,频率高达 75%左右,频率最小的均为西北偏北风,频率均不足 1%;对比东西部可知,盛行风向主要均集中在 45°~135°之间.由此可见,秋季,海南岛四周沿海盛行风向较为一致,无明显差异(表 7).

4) 冬季各站风向的频率由表 8 给出.由表 8 和图 7 可知:冬季各站盛行风向较为明显,东北风明显增多,其中,增幅最明显的是陵水站,东北偏北风的频率由 28.6%增加到 47.6%,其次是西岛站,东北偏东风的频率由 53.8%增大到 66.4%,东方站东北偏东风的频率也增加了 12%;不同于这三个站,剩下的站点均有两个或者三个盛行风向,三亚站和海口站均盛行东北偏东和东南偏东风,只是数值略有不同,由此可见,冬季海南岛沿海近地面风向南北差异较小.另外,由于冬季风期间,天气系统较为单一和稳定[23],陵水和文昌两站的风向分布特征,也由均匀转变为不均匀,主要风向为东北偏东风.相对夏季而言,大部分站点静风频率减少,沿海站点由于地势平坦(三亚除外),受大尺度季风环流影响较明显,冬季风明显强于夏季风,这也就导致了各站静风明显变少,其中,最显著的是西岛站,静风频率由夏季的 19.9%减少到 4.0%,其次,西北部沿海(海口、文昌站)也较明显;而东南部沿海(东方、三亚站),由于地形、植被的阻挡作用,冬季风传播到此的速度也较小,此外,由于冬季海陆热力差异不明显以及森林植被的保温作用,局地环流(海陆风、山谷风)的强度也不大,所以这两个站点附近静风频率有所增加.

对比不同季节,由表 5—8 可知:南部沿海(三亚、西岛站)盛行风向随季节转变最为明显,从春季到夏季,西岛站的盛行风向由偏东风转变为西南偏西风,而三亚站则是由东南风转变为偏西风,且西南偏西风的频率高达约 32.5%,从夏季到秋季,两者盛行风向均从西南偏西风转为了东北偏东风,且频率都高达 50%以上,从秋季到冬季,两者盛行风向虽然没有改变,但受冬季风的影响,其频率明显增多;北部海口站盛行风向转变不明显,从春季到夏季,海口

表 7 各站秋季风向频率

Table 7 Frequency distribution of wind direction in Autumn %

	风向	西鼓岛	西岛	三亚	陵水	东方	海口	文昌	万宁
(0°,45°]	N-NE	10.5	13.3	4.1	**28.6**	13.7	5.9	20.3	21.0
(45°,90°]	NE-E	**31.5**	**53.8**	**55.8**	15.2	**31.9**	**40.0**	**32.9**	**24.0**
(90°,135°]	E-SE	29.4	16.0	25.0	17.4	18.7	34.5	22.6	6.5
(135°,180°]	SE-S	3.8	5.4	8.7	3.2	7.0	12.2	11.4	7.5
(180°,225°]	S-SW	6.5	3.2	2.5	3.6	7.3	3.5	3.8	9.2
(225°,270°]	SW-W	8.0	3.5	2.8	4.0	5.3	1.6	1.1	7.1
(270°,315°]	W-NW	4.3	0.9	0.7	10.4	5.3	1.4	4.0	2.9
(315°,360°]	NW-N	6.2	3.9	0.4	17.6	10.8	0.9	4.0	21.8

表 8 各站冬季风向频率

Table 8 Frequency distribution of wind direction in winter %

	风向	西鼓岛	西岛	三亚	陵水	东方	海口	文昌	万宁
(0°,45°]	N-NE	11.6	5.9	3.8	**47.6**	32.1	13.8	**40.3**	**42.8**
(45°,90°]	NE-E	18.1	**66.4**	**54.7**	10.2	**43.9**	**57.9**	19.8	11.0
(90°,135°]	E-SE	**34.6**	16.6	31.9	13.7	5.9	20.9	12.9	4.9
(135°,180°]	SE-S	1.8	3.2	5.0	1.5	1.5	4.2	7.2	3.7
(180°,225°]	S-SW	4.8	2.1	3.1	3.0	3.6	0.4	2.9	8.4
(225°,270°]	SW-W	7.1	2.7	1.2	3.6	1.2	0.1	0.3	4.9
(270°,315°]	W-NW	7.9	1.4	0.2	8.0	2.4	0.7	3.6	1.4
(315°,360°]	NW-N	14.1	1.8	0.1	12.4	9.4	2.0	13.1	22.9

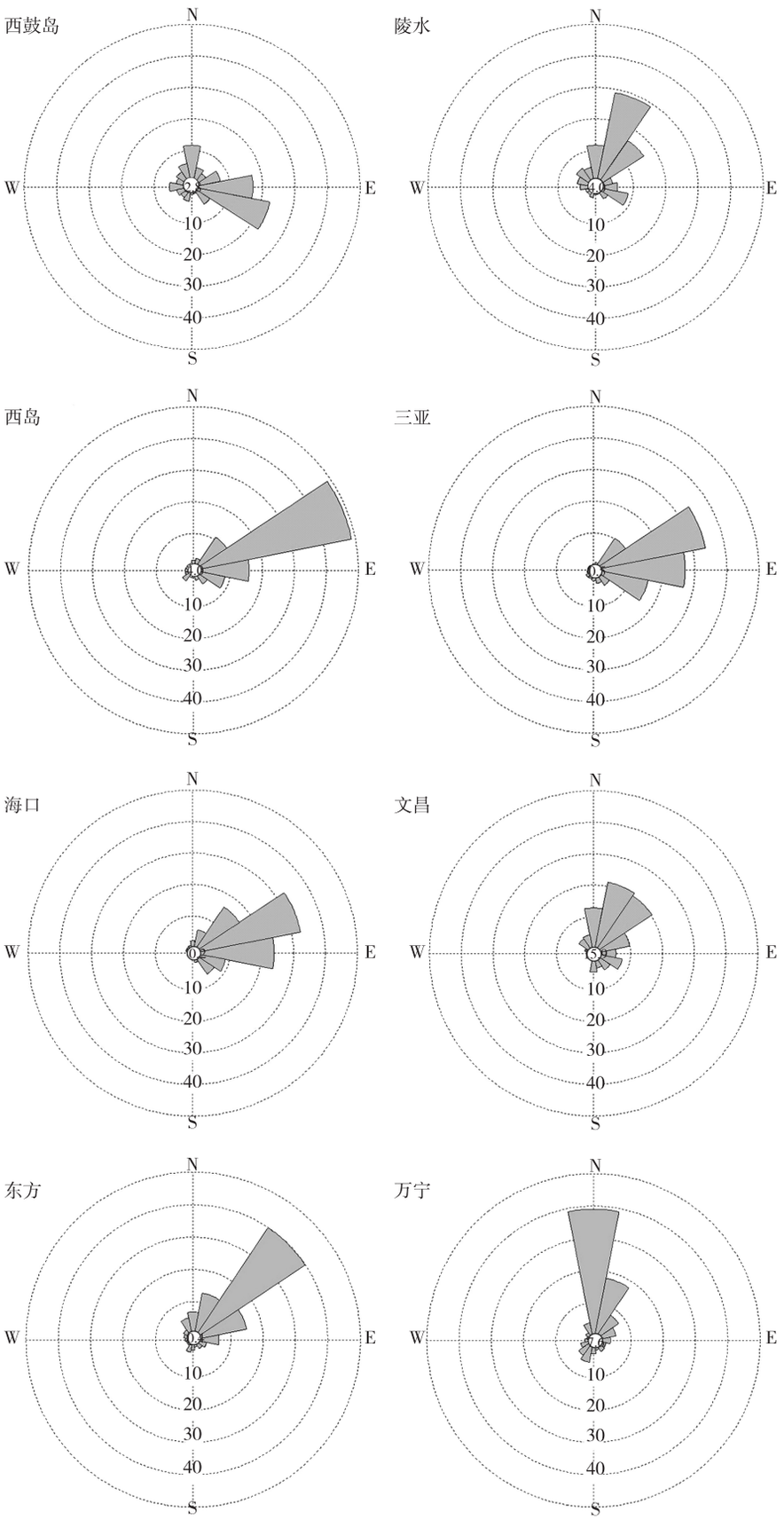


图7　各站冬季风向频率分布及静风频率(单位:%)

Fig. 7　Frequency distribution of wind direction in Winter(units:%)

站的盛行风向没变,依然是东南偏南风(15%),但是0°~90°范围的风明显减少,由原先的31.1%降为11.9%,即偏东北风明显减少,同时偏西南风明显增多,总频率约为29.3%,从夏季到秋季,盛行风转向较小,仅仅是从东南风转变成东风,从秋季到冬季,也仅仅是数值上的增加,盛行风向并未改变;东西部站点盛行风向的变化则是主要体现在从夏季到秋季时的转变,东方站由西南偏南风转变为东北偏东风,万宁站由西南偏南风转变为东北偏东风.

4 结论

本文利用2012年海南岛沿海6个常规气象站、2个海岛站的逐时风向、风速资料,分别对全年以及不同季节内近地面风速大小、风速日变化以及风向频率分布等进行了统计分析,对比了不同季节内风向、风速空间分布特征,探讨了近地面风与背景风、海陆风的关系.主要结论如下:

1) 2012年海南岛沿海近地面风速存在明显的季节差异和地区差异,大多数站点夏季风速最小,最大风速出现在春季或是冬季;三亚站风速最大,年平均风速约为5.7 m/s,西部东方站次之(3.9 m/s),文昌站风速最小,年平均风速仅有1.8 m/s,沿海近地面风速呈现南部大于北部、东部大于西部的特征.

2) 不论年平均还是季节平均,2012年海南岛沿海大部分站点24 h近地面风速日变化均呈现白天风速大于夜晚的典型分布特征,三亚和西鼓岛站部分季节则出现相反的情况;各站全年24 h风速日变化值与春、秋季较为接近,且春夏季白天风速发生突变(增大)的时刻相对提前;北部沿海站点日变化波动较小,东南部沿海波动相对较显著;就风速日振幅而言,东方、陵水、万宁站较大,海口、文昌次之,最小为西鼓岛站,且大多数站点夏季风速日振幅大于冬季.

3) 2012年全年大部分站点近地面均存在两个盛行风向,陵水、文昌站的风向分布较均匀;南部沿海随季节风向变化最为显著,而北部海口站由于受到琼州海峡大风的影响,各季风速都集中在0°~180°之间,季节差异较小;就不同站点来说,海南岛南部各季盛行风向转变最明显,东西部次之,北部不明显;文昌站静风发生频率最高,三亚和东方站较低.

本文仅使用了2012年的逐时资料分别对全年以及不同季节内风向、风速的日变化和时空分布特征进行了分析,存在一定的局限性,但在一定程度上对未来进一步分析海南岛近地面风特征具有参考价值.

参考文献

References

[1] He Y P,McFarlane N A,Monahan A H.The influence of boundary layer processes on the diurnal variation of the climatological near-surface wind speed probability distributions over land[J].Journal of Climate,2012,25(18):6441-6458

[2] 吴息,白龙,崔方,等.海面与海岸陆面风速廓线特征[J].大气科学学报,2014,37(2):138-145
WU Xi,BAI Long,CUI Fang,et al.Wind profile features of surface layer over ocean and coast[J].Transactions of Atmospheric Sciences,2014,37(2):138-145

[3] Klink K.Trends in mean monthly maximum and minimum surface wind speeds in the coterminous United States,1961 to 1990[J].Climate Research,1999,13(3):193-205

[4] Klink K.Climatological mean and interannual variance of United States surface wind speed,direction and velocity[J].International Journal of Climatology,1999,19(5):471-488

[5] McVicar T R,Van Niel T G,Li L T,et al.Wind speed climatology and trends for Australia,1975-2006:Capturing the stilling phenomenon and comparison with near-surface reanalysis output[J].Geophysical Research Letters,2008,35(20),doi:10.1029/2008GL035627

[6] Pirazzoli P A,Tomasin A.Recent near-surface wind changes in the central Mediterranean and Adriatic areas[J].International Journal of Climatology,2003,23(8):963-973

[7] Lorente-Plazas R,Montávez J P,Jimenez P A,et al.Characterization of surface winds over the Iberian peninsula[J].International Journal of Climatology,2015,35(6):1007-1026

[8] 程思,陈鹏,苗峻峰.江苏省50 a近地面风速及气温的时空分布特征分析[J].气象水文海洋仪器,2013,30(3):121-124
CHEN Si,CHEN Peng,MIAO Junfeng.Spatial and temporal characteristics of surface wind speed in the last 50 years over Jiangsu province[J].Meteorology,Hydrological and Marine Instruments,2013,30(3):121-124

[9] 田浦,顾国卿,石熙春.城市近地层风特性的研究[J].气象,1984,10(8):17-20
TIAN Pu,GU Guoqin,SHI Xichun.Characteristics of urban near-surface wind[J].Meteorological Monthly,1984,10(8):17-20

[10] 荣艳淑,梁嘉颖.华北地区风速变化的分析[J].气象科学,2008,28(6):654-658
RONG Yanshu,LIANG Jiaying.Analysis of variation of wind speed over north China[J].Scientia Meteorologica

Sinica,2008,28(6):654-658
[11] 王会兵,贺斌,乔海鹰,等.乐山市地面风场特征及风能资源初探[J].高原山地气象研究,2008,28(4):76-79
WANG Huibing, HE Bin, QIAO Haiying, et al. Primary analysis on ground wind field characteristic and the wind energy resources in Leshan[J]. Plateau and Mountain Meteorology Research,2008,28(4):76-79
[12] 李振朝,韦志刚,高荣.近50年河西绿洲地面风的时空变化特征[J].高原气象,2004,23(2):259-263
LI Zhaozhen, WEI Zhigang, GAO Rong. Spatial and temporal characters of surface wind in Gansu corridor oasis in recent 50 years[J]. Plateau Meteorology, 2004, 23(2):259-263
[13] 郑礼新,张少丽,陈德花,等.台湾海峡西岸地面风气候变化分析[J].台湾海峡,2009,28(4):569-576
ZHENG Lixin, ZHANG Shaoli, CHEN Dehua, et al. Analysis on climatic change of surface wind on the west coast of Taiwan Strait[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait,2009,28(4):569-576
[14] Chien H, Cheng H Y, Yang K H, et al. Diurnal and semi-diurnal variability of coastal wind over Taiwanese waters [J]. Wind Energy,2014,18(8),doi:10.1002/we.1761
[15] 苗峻峰.城市热岛和海风环流相互作用的数值模拟研究进展[J].大气科学学报,2014,37(4):521-528
MIAO Junfeng. An overview of numerical studies of interaction of urban heat island and sea breeze circulation [J]. Transaction of Atmospheric Sciences,2014,37(4):521-528
[16] 赛瀚,苗峻峰.基于NCEP FNL资料的环渤海地区低空急流的时空分布特征[J].大气科学学报,2015,38(5):599-610.
SAI Han, MIAO Junfeng. Spatial and temporal characteristics of low-level jet over the Bohai rim from the NECP FNL global analysis data[J]. Transaction of Atmospheric Sciences,2015,38(5):599-610
[17] 苏涛,苗峻峰,韩芙蓉.海风雷暴的观测分析和数值模拟研究进展[J].气象科技,2016,44(1):47-54.
SU Tao, MIAO Junfeng, HAN Furong, An overview of observational and numerical studies of sea breeze thunderstorms[J]. Meteorological Science and Technology,2016,44(1):47-54.
[18] 洪雯,王毅勇.非均匀下垫面大气边界层研究进展[J].南京信息工程大学学报(自然科学版),2010,2(2):155-161
HONG Wen, WANG Yiyong. Review of researches on atmospheric boundary layer over heterogenous underlying surface[J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology(Natural Science Edition),2010,2(2):155-161
[19] 朱乾根,周军,王志明,等.华南沿海五月份海陆风温压场特征与降水[J].南京气象学院学报,1983,6(2):150-158
ZHU Qiangen, ZHOU Jun, WANG Zhiming, et al. Features of temperature and pressure fields with respect to sea/land breezes and precipitation along the coast of south China during May[J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology,1983,6(2):150-158
[20] 吴兑,陈位超,游积平.海口地区近地层流场与海陆风结构的研究[J].热带气象学报,1995,11(4):306-314
WU Dui, CHEN Weichao, YOU Jiping. A study on near-surface flow and land-sea breezes structure of Haikou area[J]. Journal of Tropical Meteorology,1995,11(4):306-314
[21] 许向春,辛吉武,梁国锋,等.琼州海峡海面风场特征的观测分析[J].热带气象学报,2011,27(1):118-124
XU Xiangchun, XIN Jiwu, LIANG Guofeng, et al. Observation and analysis of sea surface wind over the Qiongzhou Strait[J]. Journal of Tropical Meteorology,2011,27(1):118-124
[22] 翟武全,李国杰,孙斌,等.海南岛附近四季风场的中尺度环流[J].热带气象学报,1997,13(4):315-322
ZHAI Wuquan, LI Guojie, SUN Bin, et al. Season's wind fields of mesoscale circulation in Hainan Island[J]. Journal of Tropical Meteorology,1997,13(4):315-322
[23] 高素华,黄增明,张统钦,等.海南岛气候[M].北京:气象出版社,1988:189
GAO Suhua, HUANG Zengming, ZHANG Tongqin, et al. Climate over Hainan Island[M]. Beijing: China Meteorological Press,1988:189
[24] 辛吉武,翁小芳,许向春,等.琼州海峡南北海岸带大风的天气气候特征[J].气象,2009,35(11):71-77
XIN Jiwu, WENG Xiaofang, XU Xiangchun, et al. Climatic characteristics of gale events in northern and southern coastal zones of the Qiongzhou Strait[J]. Meteorological Monthly,2009,35(11):71-77
[25] 郭冬艳,姜涛,陈有龙,等.琼州海峡沿岸大风分布规律及影响系统分析[J].气象,2011,37(11):1372-1379
GUO Dongyan, JIANG Tao, CHEN Youlong, et al. Analysis on distribution pattern of high wind events in Qiongzhou Strait coastal zones and its weather system [J]. Meteorological Monthly,2011,37(11):1372-1379
[26] 许杨,杨宏青,陈正洪,等.湖北省丘陵山区风能资源特征分析[J].长江流域与环境,2014,23(7):979-985
XU Yang, YANG Hongqing, CHEN Zhenghong, et al. Feature analysis on wind energy resources of hills and mountains in Hubei province[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin,2014,23(7):979-985
[27] 陈鹏,周顺武,熊安元,等.河北省风能详查区风速日变化特征[J].干旱气象,2011,29(3):343-349
CHEN Peng, ZHOU Shunwu, XIONG Anyuan, et al. Analysis on diurnal variation of wind velocity in Hebei province[J]. Journal of Arid Meteorology,2011,29(3):343-349
[28] 张振州,蔡旭晖,宋宇,等.海南岛地区海陆风的统计分析和数值模拟研究[J].热带气象学报,2014,30(2):270-280
ZHANG Zhenzhou, CAI Xuhui, SONG Xu, et al. Statistical characteristics and numerical simulation of sea land breeze in Hainan Island[J]. Journal of Tropical Meteorology,2014,30(2):270-280

An observational analysis of spatial and temporal characteristics of near-surface wind over the coastal area of the Hainan Island

WANG Jing[1] MIAO Junfeng[1] FENG Wen[2]

1 Key Laboratory of Meteorological Disaster of Ministry of Education,
Nanjing University of Information Science and Technology,Nanjing 210044

2 Hainan Meteorological Observatory,Haikou 570203

Abstract The hourly observational data from 6 regular meteorological stations and 2 island stations in Hainan Island are used to statistically analyze the temporal and spatial characteristics of near-surface wind over the coastal areas of the Hainan Island during 2012,indexes including the distribution of wind speed and its daily change,and wind direction frequency.The results show that the yearly averaged wind speed over coastal areas is from 1.8 m/s to 5.7 m/s, with the highest wind speed appearing in Sanya,especially in winter with possible wind speed of 6.5 m/s.Generally, the highest wind speed usually appears in winter or spring over most coastal stations,while the weakest wind appears in summer;the wind speed is higher in southern than in northern areas,and higher in western than in eastern coastal areas.The diurnal evolution of wind speed exhibits the canonical pattern,with high speed in daytime and low speed in nighttime;however,Sanya exhibits the opposite pattern in wind speed as a result of its unique topography and vegetation.The dominant wind direction is south or southwest in summer and north or northeast in winter,which is similar to the pattern of South China Sea Monsoon.The seasonal variability of prevailing wind is significant over southern coastal areas,followed by eastern and western regions,and not obvious over northern coastal areas.

Key words island;complex terrain;near-surface;wind speed;wind direction;spatial and temporal distribution